Бинарные Morse-паттерны: новый класс двоичных строк с повышенной плотностью простых чисел

Нерецензируемое эссе · независимое исследование

DOI: 10.5281/zenodo.20720532

Петров И. Б. | ORCID iD: 0009-0003-2088-4149 | personal iD: 92a5818517c58e18b5ce73ce86d98ccbd75cbf806ee1f596095cbfe2ebd96b5c

Независимый исследователь

16 июня 2026 г.

Аннотация. В данной работе вводится понятие *Morse-паттерна* — двоичной строки, построенной по правилам, напоминающим азбуку Морзе: короткие чередующиеся блоки единиц и нулей, начинающиеся и заканчивающиеся единицей. Экспериментально показано, что при интерпретации таких строк как двоичных чисел, доля простых среди них статистически значимо превышает случайный фон. На выборке из 133 037 паттернов (диапазон 3–20 бит) среднее превышение составило +17.3 процентных пункта (хи-квадрат: $p < 0.000001$). Обнаруженный эффект является новым и не описанным в доступной автору литературе. Настоящая работа содержит просьбу о независимой верификации полученных результатов.

Обращение к читателю.

Я, Петров И. Б., независимый исследователь-любитель, увлекающийся программированием и математикой. Я не имею учёных степеней, не аффилирован с академическими институтами и не располагаю доступом к специализированному математическому программному обеспечению. Все эксперименты, описанные в данной работе, проведены мной на домашнем компьютере с использованием самостоятельно написанного кода на языке JavaScript.

Я отдаю себе отчёт в том, что обнаруженный мной эффект может оказаться уже известным специалистам по теории чисел или комбинаторике, а моё «открытие» — частным случаем более общей и давно изученной закономерности. Я не проводил углублённого поиска по научным базам данных и патентным архивам и не могу со всей уверенностью утверждать, что подобные результаты не публиковались ранее. Если читателю известны соответствующие работы, я буду искренне признателен за ссылки и заранее приношу извинения за возможное упущение.

Вместе с тем, я счёл своим долгом опубликовать полученные результаты — какими бы скромными они ни были — по нескольким причинам. Во-первых, эффект показался мне нетривиальным и заслуживающим внимания. Во-вторых, алгоритм генерации Morse-паттернов чрезвычайно прост, и я надеюсь, что его проверка не составит труда для заинтересованного специалиста. В-третьих, я верю, что наука — это не только труд профессионалов, но и любопытство любителей, и что даже небольшая находка, сделанная «на коленке», может оказаться полезной.

Я обращаюсь к научному сообществу, разработчикам, математикам и всем, кому небезразлична тема простых чисел, с **искренней просьбой о независимой верификации** полученных результатов. Я полагаю, что не только мне, но и всякому интересующемуся теорией чисел было бы чрезвычайно ценно узнать: воспроизводится ли обнаруженный эффект на других выборках и в других программных средах? Сохраняется ли он для бо́льших битностей, за пределами достигнутого мной диапазона 3–26 бит? Существует ли строгое математическое обоснование наблюдаемого явления или, напротив, контрпример, опровергающий сделанные выводы?

Я делюсь этой идеей с открытым сердцем, без претензии на истину в последней инстанции. Если моя работа содержит ошибку — я готов ее признать. Если же она содержит зёрнышко истины — я буду рад, если оно принесёт пользу.

С благодарностью и надеждой,

Петров И. Б.

16 июня 2026 г.

1. Введение

Поиск закономерностей в распределении простых чисел — одна из центральных задач теории чисел. Традиционные подходы включают аналитические методы (дзета-функция Римана), решёта (Эратосфена, Аткина, Бруна) и вероятностные тесты (Миллер–Рабин, AKS). Все они либо *проверяют* число на простоту, либо *отсеивают* составные.

Давайте зададимся вопросом иного характера: можно ли **генерировать** числа с повышенной вероятностью простоты, просто конструируя их двоичное представление по определённым правилам? Иными словами: существуют ли такие двоичные строки, которые, будучи интерпретированы как числа, оказываются простыми значимо чаще, чем случайные числа сопоставимого размера?

В ходе численных экспериментов был обнаружен класс строк, демонстрирующий искомое свойство. Назовем его *Morse-паттернами* за внешнее сходство с кодировкой азбуки Морзе.

2. Определение Morse-паттерна

> **Определение 1 (Morse-паттерн).** Пусть S — двоичная строка длины $n \geq 3$. Строка S называется **Morse-паттерном** с параметром m (максимальная длина блока, по умолчанию $m = 3$), если выполнены следующие условия:
>
> (1) S[0] = S[n−1] = '1' — первый и последний символы равны единице;
>
> (2) S состоит из чередующихся блоков нулей и единиц;
>
> (3) Длина каждого непрерывного блока не превышает m.

Примеры Morse-паттернов (при $m = 3$): «101», «1101», «101011», «111001».

Не являются Morse-паттернами (при $m = 3$): «100001» (блок из четырёх нулей), «0110» (начинается с нуля).

Числовым значением паттерна S называется целое число, получаемое стандартной интерпретацией двоичной строки:

$$\text{value}(S) = \Sigma_{i=0}^{n-1} S[i] \cdot 2^{n-1-i}$$

где $S[i] \in \{0, 1\}$ — символ на позиции i.

3. Методология исследования

3.1. Генерация паттернов

Полное множество Morse-паттернов для заданного диапазона битностей [*minBits*, *maxBits*] генерируется рекурсивным алгоритмом. На каждом шаге к текущей строке добавляется блок нулей или единиц (в зависимости от последнего добавленного блока) длиной от 1 до m, но не более оставшегося количества бит. Процесс повторяется для каждой целевой длины n из диапазона.

Алгоритмическая сложность генерации: O(K), где K — количество сгенерированных паттернов. Каждый паттерн сохраняется с метаданными: длина в битах, количество единиц, количество нулей, разбиение на блоки.

3.2. Тестирование простоты

Для проверки простоты числовых значений паттернов используется детерминированный тест Миллера–Рабина с набором свидетелей {2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37}. Данный набор гарантирует детерминированный результат для всех чисел до 2^{64} (см. Pomerance, Selfridge, Wagstaff; Jiang, Deng, 2012).

3.3. Случайный фон (baseline)

Для каждой битности n генерируется выборка из 2000 случайных чисел в диапазоне $[2^{n-1}, 2^n-1]$. Для обеспечения равномерности используется метод rejection sampling: генерируется случайное число в диапазоне, и если оно выходит за границы, попытка повторяется. Для каждого числа выборки вычисляется доля простых.

3.4. Статистические критерии

Для проверки гипотезы о повышенной плотности простых среди Morse-паттернов применяются:

- **Точный биномиальный тест** — для каждой битности по отдельности. Нулевая гипотеза: доля простых среди Morse-паттернов равна доле простых в случайной выборке. Уровень значимости $\alpha = 0.05$.
- **Критерий хи-квадрат (χ^2)** — для проверки согласия наблюдаемых и ожидаемых частот по всем битностям.
- **Критерий серий Вальда–Вольфовица** — для проверки случайности последовательности превышений.

4. Результаты

Тестирование проведено на диапазоне 3–20 бит (параметр $m = 3$). Всего сгенерировано 133 037 Morse-паттернов. Результаты приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Плотность простых среди Morse-паттернов

Битность n	Паттернов N	Простых P	Morse %	Фон %	Превышение, п.п.	p-value
3	2	2	100.0	51.7	+48.3	0.2673
4	3	2	66.7	23.3	+43.4	0.1370
5	7	4	57.1	31.2	+25.9	0.1421
6	12	5	41.7	21.8	+19.9	0.0981
7	22	9	40.9	21.1	+19.9	0.0276*
8	40	16	40.0	16.6	+23.5	0.0004*
9	75	24	32.0	16.2	+15.8	0.0005*
10	137	45	32.8	15.4	+17.4	<0.0001*
11	252	67	26.6	13.8	+12.8	<0.0001*
12	463	113	24.4	12.4	+12.0	<0.0001*
13	853	199	23.3	11.5	+11.8	<0.0001*

14	1 568	332	21.2	9.9	+11.3	x
15	2 884	544	18.9	9.8	+9.1	x
16	5 304	978	18.4	9.9	+8.5	x
17	9 757	1 702	17.4	9.5	+7.9	x
18	17 945	2 922	16.3	8.1	+8.2	x
19	33 006	5 137	15.6	8.0	+7.6	x
20	60 707	8 994	14.8	7.4	+7.4	x

* — статистически значимо на уровне α = 0.05 (точный биномиальный тест).

x — p-value не вычислено из-за переполнения разрядной сетки JavaScript (требуется вычисление биномиальных коэффициентов для N ~ 10^3–10^5; автор приглашает к перепроверке с использованием специализированного ПО).

Дополнительное примечание (добавлено 15.06.2026, 20:45). В ходе дальнейших экспериментов, проведённых после составления основной таблицы, удалось расширить диапазон тестирования до 26 бит включительно. Обобщённые результаты по расширенному диапазону (3–26 бит): всего проверено 5 150 838 Morse-паттернов, из них простыми оказались 614 212 (11.9%). На битностях 25 и 26 доля простых составила 11.8% и 11.3% соответственно, что продолжает общий нисходящий тренд и сохраняет приблизительно двукратное превышение над случайным фоном. Детальные данные по битностям 25–26 не включены в таблицу, поскольку вычисление индивидуальных p-value для данных объёмов (1.3×10^6 и 2.4×10^6 паттернов) выходит за пределы возможностей используемого инструментария, однако совокупный критерий хи-квадрат на расширенной выборке остаётся статистически значимым.

Автор приглашает заинтересованных исследователей воспроизвести эксперименты с использованием собственного кода и/или специализированного программного обеспечения для подтверждения или опровержения полученных результатов.

4.1. Сводная статистика

Всего Morse-паттернов	133 037
Из них простых	21 095 (15.9%)
Средний случайный фон	16.5%
Среднее превышение	**+17.3 п.п.**
Критерий χ^2	χ^2 = 10 110, df = 17, **p < 0.000001**
Критерий серий	Z = −3.89, **p = 0.0001** (последовательность не случайна)
Битностей со значимым превышением	7 из 18 (для малых N) плюс значимость в совокупности

5. Обсуждение

5.1. Интерпретация результатов

На всех 18 исследованных битностях Morse-паттерны демонстрируют превышение над случайным фоном. Для битностей 7–13 превышение статистически значимо на индивидуальном уровне ($p < 0.05$). Для битностей 14–20 точный биномиальный тест не вычисляется из-за ограничений JavaScript по работе с большими числами, однако критерий хи-квадрат, учитывающий все битности совместно, даёт $p < 0.000001$. Это позволяет утверждать, что эффект не является случайной флуктуацией.

Среднее превышение составляет +17.3 процентных пункта. Иными словами, Morse-паттерн длины n примерно **вдвое чаще** оказывается простым числом, чем случайное число той же длины.

5.2. Возможное объяснение

Автор выдвигает следующую гипотезу (не доказанную строго):

1. Чередование коротких блоков единиц и нулей нарушает периодичность в двоичном представлении, которая необходима для делимости на малые простые числа (3, 5, 7).
2. Отсутствие длинных серий (>3) одинаковых бит делает число менее «предсказуемым» с точки зрения модулярной арифметики.
3. Граничные условия (начало и конец на единицу) автоматически гарантируют нечётность и отсутствие лидирующих нулей, исключая тривиальные составные случаи.

Строгое математическое доказательство связи между Morse-паттернами и повышенной плотностью простых чисел является **открытым вопросом**.

5.3. Структурные подсемейства

Morse-паттерны естественным образом классифицируются на подсемейства по строению блоков:

- **repunit** — строка из одних единиц (частный случай);
- **alternating_10** — строгое чередование 1 и 0;
- **single_zeros** — все блоки нулей имеют длину ровно 1;
- **single_ones** — все блоки единиц имеют длину ровно 1;
- **one_zero_block** — ровно один блок нулей;
- **form_101** — три блока (единицы-нули-единицы);
- **complex** — все прочие конфигурации.

Вопрос о том, какое из подсемейств вносит наибольший вклад в наблюдаемую аномалию, остаётся открытым и представляет интерес для дальнейших исследований.

6. Ограничения и открытые вопросы

1. **Верификация.** Результаты получены автором самостоятельно и **не проходили независимую научную экспертизу**. Автор настоятельно приглашает заинтересованных исследователей воспроизвести эксперименты с использованием собственного кода и/или специализированного математического ПО.
2. **Масштабирование.** Исследование ограничено диапазоном 3–20 бит. Сохранится ли эффект для бóльших битностей (24, 32, 64 бита)? Необходимы дополнительные вычислительные ресурсы.

3. **Параметр m.** Все эксперименты проведены при m = 3. Как влияет изменение максимальной длины блока на плотность простых? Является ли m = 3 оптимальным?
4. **Асимптотика.** С увеличением битности превышение монотонно убывает (от +48 п.п. при 3 битах до +7 п.п. при 20 битах). Сходится ли оно к нулю, или существует положительный предел?
5. **Аналитическое доказательство.** Существует ли теоретико-числовое обоснование наблюдаемого эффекта?

7. Потенциальная значимость

В случае подтверждения независимыми исследователями, обнаруженный эффект может представлять интерес для следующих областей:

- **Генерация простых чисел.** Morse-паттерны предлагают новый метод генерации кандидатов в простые числа с плотностью, вдвое превышающей случайную. Это может быть полезно для инициализации криптографических алгоритмов (начальные зёрна) после дополнительного аудита безопасности.
- **Теория чисел.** Связь между структурой двоичного представления и свойством простоты ранее не исследовалась в данном ключе и может открыть новое направление.
- **Информатика.** Алгоритм генерации Morse-паттернов чрезвычайно прост и может быть реализован на любом языке программирования в несколько десятков строк.

Важное предупреждение. Morse-паттерны не гарантируют генерацию простых чисел. Речь идёт исключительно о повышенной вероятности. Данный метод не предназначен для прямого использования в криптографических системах без дополнительного анализа стойкости.

Метод описывается исключительно как исследовательская математическая конструкция. Автор не предполагает его использования в каких-либо практических системах без всестороннего анализа, а любое применение осуществляется исключительно на риск пользователя. Автор не несёт ответственности за любой ущерб, возникший в результате любого использования описанных в работе методов.

8. Заключение

В настоящей работе введён новый класс двоичных строк — Morse-паттерны — и экспериментально показано, что соответствующие им числа являются простыми со статистически значимым превышением над случайным фоном. На выборке из 133 037 паттернов среднее превышение составило +17.3 п.п. (хи-квадрат: $p < 0.000001$).

По имеющейся у автора информации, данный эффект ранее не был описан в математической литературе. Автор не проводил углублённого поиска по патентным базам и специализированным разделам комбинаторики; если аналогичные результаты были опубликованы ранее, автор готов признать приоритеты за их авторами.

Если эффект не был известен ранее, автор заявляет о приоритете открытия с даты настоящей публикации: **16 июня 2026 года**.

9. Список литературы

1. Бухштаб А. А. Теория чисел. — М.: Просвещение, 1966. — 384 с.
2. Виноградов И. М. Основы теории чисел. — М.: Наука, 1972. — 168 с.
3. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И. М. Виноградов. — М.: Советская энциклопедия, 1977–1985. — Т. 1–5.
4. Прахар К. Распределение простых чисел. — М.: Мир, 1967. — 510 с.
5. Шнирельман Л. Г. Простые числа. — М.: Гостехиздат, 1940. — 48 с.

Контакт: i.b.petrov@tuta.io

© Петров И. Б., 2026. Настоящий документ является препринтом. Текст статьи распространяется на условиях лицензии **Creative Commons Attribution 4.0 International** (CC BY 4.0): вы можете свободно копировать, распространять и адаптировать текст при условии указания авторства. Полный текст лицензии: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode. Описанный в работе алгоритм и лежащая в его основе идея публикуются открыто с целью установления приоритета; автор приветствует их свободное использование в академических и практических целях.